

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-190308  
 (43)Date of publication of application : 05.07.2002

(51)Int.Cl.

H01M 8/04  
 H01M 8/00  
 H01M 8/06  
 H02J 3/38  
 H02J 7/34

(21)Application number : 2000-387088

(22)Date of filing : 20.12.2000

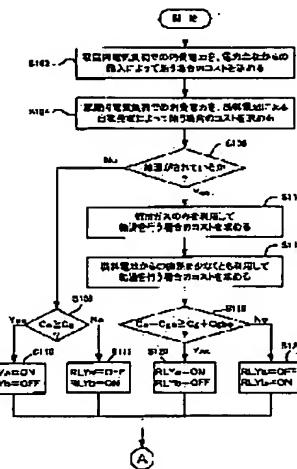
(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(72)Inventor : YAMASHITA KATSUJI

## (54) FUEL CELL SYSTEM AND SWITCHING METHOD OF POWER SUPPLY

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a fuel cell system that can optimally restrain total running cost.  
**SOLUTION:** A control 600 determines cost  $C_e$ , when consumption power in a domestic electrical load 400 is obtained by purchasing from a power company (S102), and finds a cost  $C_g$ , when the power is obtained by non-utility generation using a fuel cell 200 (S104). When hot water is supplied (S106), control further finds a cost  $C_{gb}$  incurred, when hot water is supplied to the hot-water supply target 500 using only city gas (S114), and determines cost  $C_{gbc}$  incurred, when hot water is supplied using at least waste heat from the fuel cell 200 (S116). When the cost of  $C_g + C_{gbc}$  is lower than that of  $C_e + C_{gb}$ , the control 600 supplies the power from the fuel cell 200 to the domestic electrical load 400 (S120). When the cost of  $C_e + C_{gb}$  is lower than that of  $C_g + C_{gbc}$ , the power from the power company is supplied to the domestic electrical load 400 (S122).



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-190308  
(P2002-190308A)

(43)公開日 平成14年7月5日(2002.7.5)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	マーク(参考)
H 0 1 M	8/04	H 0 1 M	J 5 G 0 0 3
	8/00		Z 5 G 0 6 6
	8/06		G 5 H 0 2 7
H 0 2 J	3/38	H 0 2 J	G
	7/34		A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

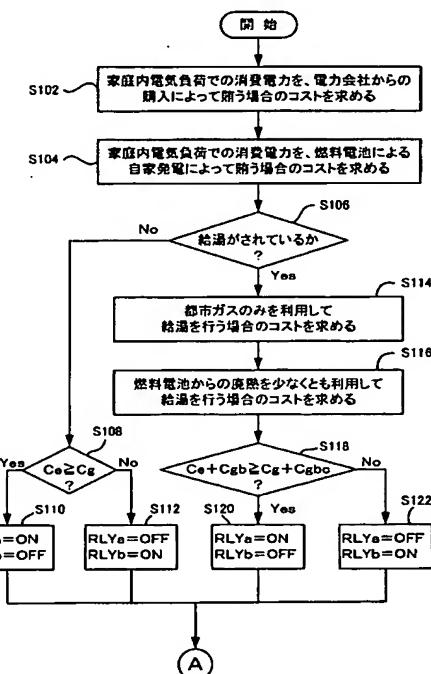
(21)出願番号	特願2000-387088(P2000-387088)	(71)出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22)出願日	平成12年12月20日(2000.12.20)	(72)発明者	山下 勝司 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(74)代理人	100096817 弁理士 五十嵐 孝雄 (外3名) F ターム(参考) 5G003 AA05 DA18 5G066 HA15 HB07 5H027 AA02 BA09 BA17 C006 DD06 KK21 KK28 KK48 KK52 MM01 MM12 MM13 MM16 MM27

(54)【発明の名称】 燃料電池システムおよび供給電力切換方法

(57)【要約】

【課題】 トータルのランニングコストを最適に抑えることが可能な燃料電池システムを提供する。

【解決手段】 制御部600は家庭内電気負荷400での消費電力を、電力会社からの購入によって賄う場合のコストC<sub>e</sub>を求め(S102)、燃料電池200による自家発電によって賄う場合のコストC<sub>g</sub>を求める(S104)。給湯がされている場合には(S106)、さらに、都市ガスのみを利用して給湯対象500に給湯を行う場合のコストC<sub>gb</sub>を求め(S114)、燃料電池200からの廃熱を少なくとも利用して給湯を行う場合のコストC<sub>gb</sub>cを求める(S116)。制御部600は、C<sub>e</sub>+C<sub>gb</sub>cがC<sub>e</sub>+C<sub>gb</sub>より安い場合、燃料電池200からの電力を家庭内電気負荷400に供給する(S120)。C<sub>e</sub>+C<sub>gb</sub>がC<sub>e</sub>+C<sub>gb</sub>cより安い場合は、電力会社からの電力を家庭内電気負荷400に供給する(S122)。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 燃料の供給を受けて電力を発生する燃料電池装置を備え、該燃料電池装置から発生された電力と外部から導入された電力のうち、少なくとも一方を電気負荷に供給することが可能な燃料電池システムであつて、

前記燃料電池装置からの電力と外部からの電力を切り換えて、両者のうち、少なくとも一方を前記電気負荷に供給する切換部と、

前記電気負荷に供給すべき電力を前記燃料電池装置からの電力によって賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、前記電気負荷に供給すべき電力を外部からの電力によって賄う場合に掛かる前記電力のコストと、を算出し、これら算出したコストに基づいて、トータルコストが安くなるように、前記切換部における電力の切り換えを制御する制御部と、

を備える燃料電池システム。

【請求項2】 燃料の供給を受けて電力を発生すると共に、電力発生時に生じた熱を廃棄する燃料電池装置を備え、該燃料電池装置から発生された電力と外部から導入された電力のうち、少なくとも一方を電気負荷に供給することが可能であると共に、前記燃料電池からの廃熱を熱負荷に与えることが可能な燃料電池システムであつて、

前記燃料電池装置からの電力と外部からの電力を切り換えて、両者のうち、少なくとも一方を前記電気負荷に供給する切換部と、

前記電気負荷に供給すべき電力を前記燃料電池装置からの電力によって賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、前記電気負荷に供給すべき電力を外部からの電力によって賄う場合に掛かる前記電力のコストと、前記熱負荷に与えるべき熱を前記燃料を燃焼させることによって得られる熱で賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、前記熱負荷に与えるべき熱を前記燃料電池からの廃熱によって賄い、その不足分を前記燃料を燃焼させることによって得られる熱で賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、をそれぞれ算出し、これら算出したコストに基づいて、トータルコストが安くなるように、前記切換部における電力の切り換えを制御する制御部と、

を備える燃料電池システム。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の燃料電池システムにおいて、前記制御部は、前記燃料電池装置からの電力と外部からの電力のうち、何れか一方のみを前記電気負荷に供給するよう、前記切換部における電力の切り換えを制御することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項4】 請求項1ないし請求項3のうちの任意の1つに記載の燃料電池システムにおいて、

前記燃料電池装置は、

前記燃料を改質して水素リッチな燃料ガスを生成する改

質器と、

生成された前記燃料ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池と、  
を備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項5】 請求項1ないし請求項3のうちの任意の1つに記載の燃料電池システムにおいて、

前記切換部は、

前記燃料電池装置から出力される直流電圧を交流電圧に変換するDC-A Cインバータと、

前記燃料電池装置から前記DC-A Cインバータを介して前記電気負荷に電力を供給するための第1の電力供給線と、  
外部から前記電気負荷に電力を供給するための第2の電力供給線と、

前記第1の電力供給線上に配置され、該第1の電力供給線に対する通電／遮断を切り換える第1のスイッチと、  
前記第2の電力供給線上に配置され、該第2の電力供給線に対する通電／遮断を切り換える第2のスイッチと、  
を備え、

20 前記制御部は、前記DC-A Cインバータ、並びに前記第1および第2のスイッチを制御することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項6】 請求項1ないし請求項3のうちの任意の1つに記載の燃料電池システムにおいて、

前記燃料電池装置は、

前記燃料を改質して水素リッチな燃料ガスを生成する改質器と、  
生成された前記燃料ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池と、

30 を備えると共に、

前記切換部は、

前記燃料電池装置から出力される直流電圧を交流電圧に変換するDC-A Cインバータと、

前記燃料電池装置から前記DC-A Cインバータを介して前記電気負荷に電力を供給するための第1の電力供給線と、  
外部から前記電気負荷に電力を供給するための第2の電力供給線と、

前記第1の電力供給線上に配置され、該第1の電力供給線に対する通電／遮断を切り換える第1のスイッチと、  
前記第2の電力供給線上に配置され、該第2の電力供給線に対する通電／遮断を切り換える第2のスイッチと、  
を備え、

40 前記制御部は、前記燃料電池に供給される前記燃料ガスの量から、前記燃料電池から出力されるべき目標電流値を算出すると共に、前記第1のスイッチを通電から遮断に、または、遮断から通電に切り換える際には、切り換え直前の所定時間、前記燃料電池から前記目標電流値に相当する電流が出力されるよう、前記DC-A Cインバータを制御することを特徴とする燃料電池システム。

**【請求項 7】** 燃料の供給を受けて電力を発生する燃料電池装置を備え、該燃料電池装置から発生された電力と外部から導入された電力のうち、少なくとも一方を電気負荷に供給することが可能な燃料電池システムにおける供給電力の切換方法であって、

(a) 前記電気負荷に供給すべき電力を前記燃料電池装置からの電力によって賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、前記電気負荷に供給すべき電力を外部からの電力によって賄う場合に掛かる前記電力のコストと、を算出する工程と、

(b) これら算出したコストに基づいて、トータルコストが安くなるように、前記燃料電池装置からの電力と外部からの電力を切り換えて、両者のうち、少なくとも一方を前記電気負荷に供給する工程と、  
を備える供給電力切換方法。

**【請求項 8】** 燃料の供給を受けて電力を発生すると共に、電力発生時に生じた熱を廃棄する燃料電池装置を備え、該燃料電池装置から発生された電力と外部から導入された電力のうち、少なくとも一方を電気負荷に供給することが可能であると共に、前記燃料電池からの廃熱を熱負荷に与えることが可能な燃料電池システムにおける供給電力の切換方法であって、

(a) 前記電気負荷に供給すべき電力を前記燃料電池装置からの電力によって賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、前記電気負荷に供給すべき電力を外部からの電力によって賄う場合に掛かる前記電力のコストと、前記熱負荷に与えるべき熱を前記燃料を燃焼させることによって得られる熱で賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、前記熱負荷に与えるべき熱を前記燃料電池からの廃熱によって賄い、その不足分を前記燃料を燃焼させることによって得られる熱で賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、をそれぞれ算出する工程と、

(b) これら算出したコストに基づいて、トータルコストが安くなるように、前記燃料電池装置からの電力と外部からの電力を切り換えて、両者のうち、少なくとも一方を前記電気負荷に供給する工程と、  
を備える供給電力切換方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

**【発明の属する技術分野】** 本発明は、燃料電池装置から発生された電力と外部から導入された電力のうち、少なくとも一方を電気負荷に供給することが可能な燃料電池システムに関するものである。

##### 【0002】

**【従来の技術】** 環境に優しく省エネルギーに優れた燃料電池システムは、家庭などで使用する、小型の据え置き型発電システムとしても、利用価値が検討されている。例えば、家庭では、燃料電池の発電時に発生する熱を風呂などの給湯に利用することができるため、コジェネレーション効果によって、一層高いエネルギー効率を達成する

ことができる。

**【0003】** このような家庭などで使用される燃料電池システムとして、現在提案されているものは、例えば、都市ガスなどの商用ガスから改質器によって水素リッチな燃料ガスを生成し、この燃料ガスと、空気などの酸化ガスを燃料電池に供給して、電気化学反応により発電するシステムである。そして、この発電により得られる電圧は、直流であるため、DC-A Cインバータにより交流に変換されて、エアコンや照明器具などの家庭内電気負荷に使用される。

**【0004】** また、上記したDC-A Cインバータと家庭内電気負荷との間に、電力会社からの外線を接続することにより、燃料電池による自家発電エネルギーの不足分を、この外線を介して電力会社から購入し、過剰分を、この外線を介して電力会社に販売することも可能となる。

##### 【0005】

**【発明が解決しようとする課題】** このような燃料電池システムを使用する場合、燃料電池によって自家発電する際のコスト（主に、ガス料金）が、電力会社から電力を購入する際のコスト（電気料金）に比べて安い場合には、ランニング利益を生む。しかし、自家発電する際のコストが安いからと言って、過剰に発電し過ぎると、過剰分を電力会社に販売することになるため、その際の販売価格が、その過剰分を発電するのに必要なガス代より安い場合には、ランニング損益を生むことになる。従って、そのような過剰分はできる限り少なくした方が、コストメリット上、好ましい。要するに、家庭内電気負荷で消費される電力に最も近い量を燃料電池によって発電し、過渡的な電力の不足分や過剰分を、電力会社からの購入や電力会社への販売によって賄うことが、システム運転の基本となる。

**【0006】** しかしながら、近い将来、このような家庭などの燃料電池システムの利用が拡大するに連れて、燃料電池によって自家発電する際のガス料金と、電力会社から電力を購入する際の電気料金と、が拮抗することが予測される。そのような場合には、燃料電池による自家発電と電力会社からの電力の購入とを時々刻々切り替えて行うことが、トータルのランニングコストを抑えることになる。しかし、具体的に、どのように切り替えていくかが課題となる。

**【0007】** 従って、本発明の目的は、上記した従来技術の課題を解決し、トータルのランニングコストを最適に抑えることが可能な燃料電池システムを提供することにある。

##### 【0008】

**【課題を解決するための手段およびその作用・効果】** 上記した目的の少なくとも一部を達成するために、本発明の第1の燃料電池システムは、燃料の供給を受けて電力を発生する燃料電池装置を備え、該燃料電池装置から発

生された電力と外部から導入された電力のうち、少なくとも一方を電気負荷に供給することが可能な燃料電池システムであって、前記燃料電池装置からの電力と外部からの電力を切り換えて、両者のうち、少なくとも一方を前記電気負荷に供給する切換部と、前記電気負荷に供給すべき電力を前記燃料電池装置からの電力によって賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、前記電気負荷に供給すべき電力を外部からの電力によって賄う場合に掛かる前記電力のコストと、を算出し、これら算出したコストに基づいて、トータルコストが安くなるように、前記切換部における電力の切り換えを制御する制御部と、を備えることを要旨とする。

【0009】また、本発明の第1の供給電力切換方法は、燃料の供給を受けて電力を発生する燃料電池装置を備え、該燃料電池装置から発生された電力と外部から導入された電力のうち、少なくとも一方を電気負荷に供給することが可能な燃料電池システムにおける供給電力の切換方法であって、

(a) 前記電気負荷に供給すべき電力を前記燃料電池装置からの電力によって賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、前記電気負荷に供給すべき電力を外部からの電力によって賄う場合に掛かる前記電力のコストと、を算出する工程と、

(b) これら算出したコストに基づいて、トータルコストが安くなるように、前記燃料電池装置からの電力と外部からの電力を切り換えて、両者のうち、少なくとも一方を前記電気負荷に供給する工程と、を備えることを要旨とする。

【0010】このように、第1の燃料電池システムまたは供給電力切換方法では、まず、電気負荷に供給すべき電力を燃料電池装置からの電力によって賄う場合に掛かる燃料のコストと、外部からの電力によって賄う場合に掛かる電力のコストと、を算出し、次に、算出したコストに基づいて、トータルコストが安くなるように、燃料電池装置からの電力と外部からの電力を切り換えて、両者のうち、少なくとも一方を電気負荷に供給するようにしている。

【0011】従って、第1の燃料電池システムまたは供給電力切換方法によれば、時々刻々、トータルコストがより安くなるように、電力の供給源が選択できるため、トータルのランニングコストを最適に抑えることが可能となる。また、このような電力の切り換えは、自動的に行なわれるため、ユーザは切り換えを気にすることなく、電力を使用することができ、省労力を実現することができる。

【0012】本発明の第2の燃料電池システムは、燃料の供給を受けて電力を発生すると共に、電力発生時に生じた熱を廃棄する燃料電池装置を備え、該燃料電池装置から発生された電力と外部から導入された電力のうち、少なくとも一方を電気負荷に供給することが可能である

と共に、前記燃料電池からの廃熱を熱負荷に与えることが可能な燃料電池システムであって、前記燃料電池装置からの電力と外部からの電力を切り換えて、両者のうち、少なくとも一方を前記電気負荷に供給する切換部と、前記電気負荷に供給すべき電力を前記燃料電池装置からの電力によって賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、前記電気負荷に供給すべき電力を外部からの電力によって賄う場合に掛かる前記電力のコストと、前記熱負荷に与えるべき熱を前記燃料を燃焼させることによって得られる熱で賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、前記熱負荷に与えるべき熱を前記燃料電池からの廃熱によって賄い、その不足分を前記燃料を燃焼させることによって得られる熱で賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、をそれぞれ算出し、これら算出したコストに基づいて、トータルコストが安くなるように、前記切換部における電力の切り換えを制御する制御部と、を備えることを要旨とする。

【0013】本発明の第2の供給電力切換方法は、燃料の供給を受けて電力を発生すると共に、電力発生時に生じた熱を廃棄する燃料電池装置を備え、該燃料電池装置から発生された電力と外部から導入された電力のうち、少なくとも一方を電気負荷に供給することが可能であると共に、前記燃料電池からの廃熱を熱負荷に与えることが可能な燃料電池システムにおける供給電力の切換方法であって、

(a) 前記電気負荷に供給すべき電力を前記燃料電池装置からの電力によって賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、前記電気負荷に供給すべき電力を外部からの電力によって賄う場合に掛かる前記電力のコストと、前記熱負荷に与えるべき熱を前記燃料を燃焼させることによって得られる熱で賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、前記熱負荷に与えるべき熱を前記燃料電池からの廃熱によって賄い、その不足分を前記燃料を燃焼させることによって得られる熱で賄う場合に掛かる前記燃料のコストと、をそれぞれ算出する工程と、

(b) これら算出したコストに基づいて、トータルコストが安くなるように、前記燃料電池装置からの電力と外部からの電力を切り換えて、両者のうち、少なくとも一方を前記電気負荷に供給する工程と、を備えることを要旨とする。

【0014】このように、第2の燃料電池システムまたは供給電力切換方法では、まず、電気負荷に供給すべき電力を燃料電池装置からの電力によって賄う場合に掛かる燃料のコストと、外部からの電力によって賄う場合に掛かる電力のコストと、熱負荷に与えるべき熱を燃料を燃焼させることによって得られる熱で賄う場合に掛かる燃料のコストと、燃料電池からの廃熱によって賄い、その不足分を燃料を燃焼させることによって得られる熱で賄う場合に掛かる燃料のコストと、をそれぞれ算出し、次に、これら算出したコストに基づいて、トータルコ

トが安くなるように、燃料電池装置からの電力と外部からの電力を切り換えて、両者のうち、少なくとも一方を電気負荷に供給するようしている。

【0015】従って、第2の燃料電池システムまたは供給電力切換方法においても、時々刻々、トータルコストがより安くなるように、電力の供給源が選択できるため、トータルのランニングコストを最適に抑えることが可能となる。また、このような電力の切り換えは、自動的に行なわれるため、ユーザは切り換えを気にすることなく、電力を使用することができ、省労力を実現することができる。さらに、燃料電池からの廃熱を熱負荷に与えるなど、コジェネレーションも積極的に考慮しているので、システム全体のエネルギー効率を向上させることができる。

【0016】本発明の燃料電池システムにおいて、前記制御部は、前記燃料電池装置からの電力と外部からの電力のうち、何れか一方のみを前記電気負荷に供給するよう、前記切換部における電力の切り換えを制御することが好ましい。

【0017】このように、電力の切り換えを制御することにより、切り換えの仕方が簡素化されるため、制御方法が複雑化しなくて済む。

【0018】本発明の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池装置は、前記燃料を改質して水素リッチな燃料ガスを生成する改質器と、生成された前記燃料ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池と、を備えることが好ましい。

【0019】このように、改質器を利用することにより、燃料として、商用ガスなどを利用して、燃料電池による発電を行なうことができる。

【0020】本発明の燃料電池システムにおいて、前記切換部は、前記燃料電池装置から出力される直流電圧を交流電圧に変換するDC-ACインバータと、前記燃料電池装置から前記DC-ACインバータを介して前記電気負荷に電力を供給するための第1の電力供給線と、外部から前記電気負荷に電力を供給するための第2の電力供給線と、前記第1の電力供給線上に配置され、該第1の電力供給線に対する通電／遮断を切り換える第1のスイッチと、前記第2の電力供給線上に配置され、該第2の電力供給線に対する通電／遮断を切り換える第2のスイッチと、を備え、前記制御部は、前記DC-ACインバータ、並びに前記第1および第2のスイッチを制御することが好ましい。

【0021】このように構成することによって、DC-ACインバータを制御することにより、燃料電池装置からの出力電流を確実に制御できると共に、第1および第2のスイッチを制御することによって、燃料電池装置からの電力と外部からの電力を容易に切り換えることができる。

【0022】本発明の燃料電池システムにおいて、前記

燃料電池装置は、前記燃料を改質して水素リッチな燃料ガスを生成する改質器と、生成された前記燃料ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池と、を備えると共に、前記切換部は、前記燃料電池装置から出力される直流電圧を交流電圧に変換するDC-ACインバータと、前記燃料電池装置から前記DC-ACインバータを介して前記電気負荷に電力を供給するための第1の電力供給線と、外部から前記電気負荷に電力を供給するための第2の電力供給線と、前記第1の電力供給線上に配置さ

れ、該第1の電力供給線に対する通電／遮断を切り換える第1のスイッチと、前記第2の電力供給線上に配置され、該第2の電力供給線に対する通電／遮断を切り換える第2のスイッチと、を備え、前記制御部は、前記燃料電池に供給される前記燃料ガスの量から、前記燃料電池から出力されるべき目標電流値を算出すると共に、前記第1のスイッチを通電から遮断に、または、遮断から通電に切り換える際には、切り換え直前の所定時間、前記燃料電池から前記目標電流値に相当する電流が出力されるよう、前記DC-ACインバータを制御することが好ましい。

【0023】このように制御することによって、第1のスイッチが通電から遮断に切り換える際に、改質器で生成された燃料ガスが、燃料電池で消費されずに大気中に流出してしまうのを防ぐことができると共に、エネルギー効率の低下を抑えることができる。また、第1のスイッチが遮断から通電に切り換える際に、改質器で生成された分だけ、燃料ガスを燃料電池において過不足なく消費して、発電動作を行うので、分極反応を生じさせることなく、徐々に定常状態に近づくことができる。

【0024】  
【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を実施例に基づいて以下の順序で説明する。

A. 実施例の構成：

B. 各構成要素の機能および動作：

C. 制御部による制御内容：

D. 変形例：

D-1. 変形例1：

D-2. 変形例2：

D-3. その他の変形例：

【0025】A. 実施例の構成：図1は本発明の一実施例としての燃料電池システムの構成を示すブロック図である。図1に示す燃料電池システムは、家庭などで使用可能な燃料電池システムであって、燃料として商用ガスである都市ガスを用い、その都市ガスから水素リッチな燃料ガスを生成し、この生成した燃料ガスを利用して発電を行い、家庭内の電気負荷に電力を供給すると共に、発電の際に発生した熱を風呂などの給湯に利用して、コジェネレーション効果を得ている。

【0026】この燃料電池システムは、主として、都市ガスと水から水素リッチな燃料ガスを生成する改質器1

00と、燃料ガスと酸化ガスの供給を受けて電気化学反応により起電力を発生する燃料電池200と、電力会社からの電力と燃料電池200からの電力を切り換えるインバータBOX300と、CPUなどで構成される制御部600と、を備えている。なお、改質器100と燃料電池200とで、燃料電池装置700を構成している。

【0027】このうち、改質器100は、都市ガスおよび水の供給を受けてこれらを気化・昇温させる蒸発部102と、蒸発部102で要する熱を発生する燃焼部104と、燃焼部104で発生した熱を蒸発部102に伝える熱交換器106と、改質反応により燃料ガスを生成する改質部108と、改質部108で生成された燃料ガス中の一酸化炭素(CO)濃度を酸化反応により低減するCO酸化部110と、を備えている。

【0028】燃料電池200は、燃料ガスが供給される水素極202と、酸化ガスが供給される酸素極204と、を備えている。また、インバータBOX300は、燃料電池200からの直流電圧を交流電圧に変換するDC-ACインバータ302と、燃料電池200からの電力の通電/遮断を切り換えるリースイッチAと、電力会社からの電力の通電/遮断を切り換えるリースイッチBと、を備えている。

【0029】その他、蒸発部102には、商用ガスである都市ガスを供給するためのガス流路52と、外部から水を供給するための水流路54が接続されている。ガス流路52には、流量制御弁58と、流量センサ60が設けられており、水流路54には、流量制御弁62と、流量センサ64が設けられている。また、燃焼部104には、燃焼燃料を供給するための燃焼燃料流路56が接続されており、その燃焼燃料流路56には、流量制御弁66が設けられている。

【0030】また、燃焼部104、改質部108、CO酸化部110および燃料電池200には、酸化ガスである空気を圧縮して供給するプロア116、112、114および206がそれぞれ接続されている。

【0031】また、インバータBOX300の入力には、燃料電池200からの出力線と、電力会社からの外線が接続されており、その出力は電力センサ402を介して家庭内電気負荷400に接続されている。なお、家庭内電気負荷400としては、エアコン、電気ファンヒーター、冷蔵庫、電子レンジ、電気炊飯器、洗濯機、電気乾燥機、照明器具、掃除機などが挙げられる。

【0032】また、家庭内には、家庭内電気負荷400の他に、風呂、床暖房などの給湯対象500が存在する。この給湯対象500には、ガス給湯器504からの



【0039】このように、改質部108では、水蒸気改質反応によって水素リッチな燃料ガスを生成しているが、改質部108には、さらに、併設されたプロワ11

給湯と熱交換器502からの給湯が可能となっている。ガス給湯器504には、商用ガスである都市ガスを供給するためのガス流路506が接続されており、熱交換器502には、燃料電池200から導かれた冷却水路208が接続されている。

【0033】B. 各構成要素の機能および動作：流量制御弁58および流量制御弁62は、それぞれ、図示せざる制御線によって制御部600に接続されており、制御部600からの制御信号に基づいて、蒸発部102に供給される都市ガス量および水の量を調節する。また、流量センサ60および流量センサ64は、それぞれ、図示せざる検出線を介して制御部600に接続されており、蒸発部102に実際に供給されている都市ガス量および水の量を検出して、その検出結果を制御部600に送信する。

【0034】蒸発部102は、水流路54を介して供給される水を気化させて、ガス流路52を介して供給される都市ガスと混合し、都市ガスと水蒸気とから成る原燃料ガスを生成し、これを所定の温度に昇温して、改質部108に供給する。

【0035】また、蒸発部102には、都市ガスおよび水を気化・昇温させるための熱源として、内部に燃焼触媒を備えた燃焼部104が併設されている。この燃焼部104には、燃焼燃料流路56を介して燃焼燃料が供給されると共に、併設されたプロワ116によって酸化ガスである空気が供給される。流量制御弁66は、図示せざる制御線によって制御部600に接続されており、制御部600からの制御信号に基づいて、燃焼部104に供給される燃焼燃料の量を調節する。

【0036】燃焼部104では、燃焼燃料が供給されると、この燃料と空気とを用いて触媒上で燃焼反応が進行し、所望の熱を発生する。燃焼部104と蒸発部102との間には熱交換器106が設けられており、この熱交換器106によって燃焼部104で発生した熱が蒸発部102に伝えられる。なお、燃焼部104に供給される燃焼燃料としては、商用ガスである都市ガスを用いても良いし、後述する燃料電池200から排出される燃料オフガスを用いても良い。

【0037】改質部108は、内部に改質触媒を備えており、供給された都市ガスと水蒸気とから成る原燃料ガスを水蒸気改質反応によって改質して、水素リッチな燃料ガスを生成し、CO酸化部110に供給する。都市ガスの主成分はメタンであり、改質触媒としては、例えば、ニッケル触媒を用いることができる。水蒸気改質反応は、式(1)に従って起こる。

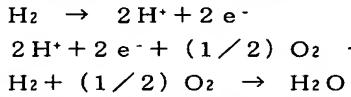
### 【0038】

(1)

2によって、酸化ガスである空気が供給されており、都市ガス(メタン)の部分酸化反応によても、水素の生成がなされている。この場合、水蒸気改質反応で要する

熱を、部分酸化反応で生じる熱によって賄うことが可能となる。

【0040】CO酸化部110は、改質部108で生成された燃料ガス中の一酸化炭素濃度を低減して、燃料電池200に供給する。改質部108で生成された燃料ガスは、所定量の一酸化炭素を含有しており、燃料電池200にこのまま供給されると、燃料ガス中の一酸化炭素によって触媒が被毒して、電気化学反応が阻害されるからである。CO酸化部110で進行する反応は、燃料ガス中に豊富に含まれる水素に優先して、一酸化炭素を酸化する一酸化炭素選択酸化反応である。このため、CO酸化部110には、併設されたプロア114によって、酸化ガスである空気が供給されていると共に、一酸化炭素の選択酸化触媒である白金触媒、ルテニウム触媒、パ



【0044】また、燃料電池200は、複数の単セルが積層されたスタック構造となっており、1つの単セルは、電解質膜(図示せず)と、それを両側から挟み込む拡散電極である水素極202及び酸素極204と、さらにそれらを両側から挟み込む2枚のセパレータ(図示せず)と、で構成されている。セパレータの両面には、凹凸が形成されており、挟み込んだ水素極202と酸素極204との間で、単セル内ガス流路を形成している。このうち、水素極202との間で形成される単セル内ガス流路には、前述したごとく供給された燃料ガスが、酸素極204との間で形成される単セル内ガス流路には、酸化ガスが、それぞれ流れている。そして、上記電気化学反応に供された燃料ガスおよび酸化ガスは、オフガスとして排出される。また、数層毎に、単セルと単セルとの間には冷却水路が形成されており、その中に冷却水を流すことによって、上記した電気化学反応等で生じた熱を取り除いている。

【0045】燃料電池200で発生される電圧は直流電圧であるのに対し、家庭内電気負荷400で用いられる電圧は交流電圧である。そのため、燃料電池200と家庭内電気負荷400との間には、DC-ACインバータ302が設けられており、これによって、燃料電池200で発生された直流電圧を交流電圧に変換している。

【0046】燃料電池200からDC-ACインバータ302を介して入力された電力は、リレースイッチAを介して、家庭内電気負荷400に供給される。また、燃料電池200からの電力の他に、電力会社から外線を介して電力が入力されており、この電力は、リレースイッチBを介して、家庭内電気負荷400に供給される。リレースイッチA、Bは、それぞれ、図示せざる制御線を介して制御部600に接続されており、制御部600からの制御信号に基づいて、ON/OFFが切り換えられる。

ラジウム触媒、金触媒、あるいはこれらを第1元素とした合金触媒を担持した担体が充填されている。

【0041】燃料電池200は、改質器100から水素リッチな燃料ガスの供給を受けると共に、併設されたプロア206によって酸化ガスである空気の供給を受け、水素極202と酸素極204において、下記に示すような反応式に従って、電気化学反応を起こし、電力を発生させる。

【0042】即ち、水素極202に水素リッチな燃料ガスが、酸素極204に酸化ガスである空気がそれぞれ供給されると、水素極側では式(2)の反応が、酸素極側では式(3)の反応がそれぞれ起り、燃料電池全体としては、式(4)の反応が行なわれる。

#### 【0043】

(2)

(3)

(4)

【0047】インバータBOX300と家庭内電気負荷400との間に設けられた電力センサ402は、図示せざる検出線を介して制御部600に接続されており、家庭内電気負荷400で消費される電力を検出して、その検出結果を制御部600に送信する。

【0048】一方、熱交換器502には、燃料電池200から冷却水路208を介して、暖められた冷却水が供給されている。熱交換器502では、その冷却水に燃料電池200によって捨てられた廃熱を回収し、その回収した熱を利用して、風呂などの給湯対象500に対して給湯を行う。

【0049】また、ガス給湯器504には、ガス流路506を介して都市ガスが供給されており、その都市ガスを燃焼させることによって、給湯対象500に対して給湯を行う。

【0050】制御部600は、予め設定された制御プログラムに従って所定の演算などを実行するCPU(図示せず)や、CPUで各種演算処理を実行するのに必要な制御プログラムや制御データ等が予め格納されたROM(図示せず)や、同じくCPUで各種演算処理をするのに必要な各種データが一時的に読み書きされるRAM(図示せず)や、流量センサ60、64および電力センサ402等の各種センサからの検出結果などを入力すると共に、CPUでの演算結果に応じて既述した各プロワや流量制御弁などの制御対象に制御信号を出力する入出力ポートなどを備えている。制御部600は、このように各種の信号を入出力することによって、燃料電池システム全体の運転状態を制御する。

【0051】以上のように、本実施例の燃料電池システムは、家庭内電気負荷400に対しては、燃料電池200による自家発電によって得られる電力と、電力会社から購入して得られる電力と、をリレースイッチA、Bによって切り換えて供給することができるようになってい

る。また、給湯対象500に対しては、都市ガスを用いて給湯ができる他、燃料電池200からの廃熱を利用して給湯ができるようになっている。

【0052】C. 制御部による制御内容：本実施例では、このような燃料電池システムにおいて、制御部600が、電力供給に掛かるコストの他、給湯に掛かるコストも考慮した上で、トータルコストが有利になるように、リースイッチA、Bを切り換えるようにしている。なお、制御部600がリースイッチA、Bを切り換える際には、一方のリースイッチをONしたときには、他方のリースイッチはOFFするように切り換える。

【0053】図2および図3は図1の燃料電池システムにおける制御部600の制御手順を示すフローチャートである。図2における丸Aは、図3における丸Aに続い

$$X_k [kWh] = \sum (U_{ki} \times DT)$$

【0057】次に、制御部600は、この過去1分間の使用電力量 $X_k [kWh]$ を、電力会社から購入によって賄う場合のコスト： $C_e$  [円]を、式(6)に従って

$$C_e [\text{円}] = K_{e1} + K_{e2} \times X_k$$

【0059】ここで、 $K_{e1}$ は、過去1分間の電気の基本料金に相当する定数であり、 $K_{e2}$ は、電気の従量料金単価に相当する係数である。

【0060】こうして、電力会社からの購入によって電力を賄うと仮定した場合のコストを求めることができる。

【0061】次に、制御部600は、家庭内電気負荷400で消費される電力を、燃料電池200による自家発

$$I_{fc} [A] = K_{dcac} \times U_k / V_{fc} \quad (7)$$

【0064】ここで、 $K_{dcac}$ はインバータBOX300内のDC-ACインバータ302の変換効率などを含む定数であり、 $V_{fc}$  [V]は燃料電池200から出力される電圧である。なお、この出力電圧は電圧センサ(図示せず)によって検出された値であっても良いし、近似的な名目上の定数であっても良い。

$$F_h [mol/s] = I_{fc} \times K_{fch} / (2 \times F) \quad (8)$$

【0067】ここで、Fはファラデ定数であり、 $K_{fch}$ は燃料電池200における水素利用率の逆数である。

【0068】次に、制御部600は、前述した改質器100における反応式(1)を基に、この算出した水素量： $F_h [mol/s]$ を改質器100で生成させるのに必要なメタン流量： $F_m [mol/s]$ を計算する。具体的には、式(9)に従って算出する。

$$F_k [mol/s] = K_{m2k} \times F_m$$

【0072】都市ガスには、一般に天然ガスが用いられており、或る一定の割合で窒素が混入されている。従って、この窒素分を考慮して補正するために、式(9)では、係数として $K_{m2k}$ が掛けられている。

【0073】こうして、制御部600は、サンプル時

$$V_k [m^3] = K_{m2v} \times \sum (F_{ki} \times DT) \quad (11)$$

ている。図2および図3に示す制御ルーチンは、制御部600によって一定時間毎に繰り返される。

【0054】図2に示す制御ルーチンが開始されると、制御部600は、家庭内での電力消費に掛かるコストを求めるために、まず、家庭内電気負荷400で消費される電力を、電力会社からの購入によって賄うと仮定した場合のコストを求める(ステップS102)。具体的には、以下の処理を行う。

【0055】即ち、まず、制御部600は、電力センサ402からの検出結果を入力して、家庭内電気負荷400で消費される電力： $U_{ki}$  [kW]を、サンプル時間： $DT$  (=1sec)毎に測定し、式(5)に従つて、サンプル60点を積分することで、過去1分間の使用電力量： $X_k$  [kWh]を算出する。

【0056】

(5)

算出する。

【0058】

(6)

電によって賄うと仮定した場合のコストを求める(ステップS104)。具体的には、以下の処理を行う。

【0062】即ち、まず、制御部600は、家庭内電気負荷400で消費される電力： $U_k$  [kW]を賄うために、燃料電池200から出力すべき電流： $I_{fc}$  [A]を、式(7)に従つて算出する。

【0063】

【0065】次に、制御部600は、前述した燃料電池200における反応式(2)を基に、燃料電池200から、この算出した電流： $I_{fc}$  [A]を出力させるのに必要な水素量： $F_h$  [mol/s]を計算する。具体的には、式(8)に従つて算出する。

【0066】

(9)

【0069】 $F_m [mol/s] = F_h / 4$

【0070】次に、制御部600は、この算出したメタン流量： $F_m$  [mol/s]を改質器100で使用せるために、改質器100に供給すべき都市ガスの流量： $F_k$  [mol/s]は、式(10)に従つて算出する。

【0071】

(10)

間： $DT$  (=1sec)毎に、改質器100に供給すべき都市ガスの流量： $F_{ki}$  [mol/s]を算出し、式(11)に従つて、サンプル60点を積分することで、過去1分間の使用ガス量： $V_k$  [m<sup>3</sup>]を算出する。

【0074】

(11)

【0075】ここで、 $Km\ 2\ v$ は、モル数を標準状態(20℃, 1気圧)の容積に変換するための係数である。

【0076】即ち、この算出した過去1分間の使用ガス量 $V_k$  [m<sup>3</sup>]が、改質器100で都市ガスを改質し燃料電池200で自家発電を行うことによって、前述した過去1分間の使用電力量 $X_k$  [kWh]を賄うのに必要

$$C_g \text{ [円]} = K_g\ 1 + K_g\ 2 \times V_k$$

【0078】ここで、 $K_g\ 1$ は、過去1分間のガスの基本料金に相当する定数であり、 $K_g\ 2$ は、ガスの従量料金単価に相当する係数である。

【0079】こうして、燃料電池による自家発電によって電力を賄うと仮定した場合のコストを求めることができる。

【0080】次に、制御部600は、現在、家庭内で、風呂などの給湯対象500に給湯がされているか否かを判定し(ステップS106)、給湯がされていない場合には、給湯に掛かるコストを考慮しなくて良いため、ステップS108の処理に進み、給湯がされている場合には、給湯に掛かるコストを考慮する必要があるため、ステップS114に進む。

$$\text{IF } C_e \geq C_g \text{ THEN } RLY_a = \text{ON}, RLY_b = \text{OFF} \quad (13)$$

【0083】反対に、前者(電力会社からの購入)のコスト $C_e$  [円]の方が、後者(自家発電)のコスト $C_g$  [円]よりも安い場合には、式(14)に従って、燃料電池側のリースイッチAに対応するリレーフラグRLYAをONにする(ステップS114)。

$$\text{IF } C_e < C_g \text{ THEN } RLY_a = \text{OFF}, RLY_b = \text{ON} \quad (14)$$

【0085】但し、この時点では、制御部600は、リースイッチA, Bの切り替えを行わない。

【0086】以上が、家庭内で給湯がされていない場合の処理である。なお、この処理が終了したら、図2の丸Aに続く図3の丸A以降の処理に進む。

【0087】一方、家庭内で給湯がされている場合は、制御部600は、家庭内の給湯に掛かるコストを求めるために、まず、都市ガスのみを利用することによって給湯を行う(具体的には、ガス給湯器504のみによって給湯を行う)と仮定した場合のコストを求める(ステップS114)。このように、都市ガスのみを利用して給湯を行う場合とは、燃料電池200が自家発電

$$F_b \text{ [mol/s]} = K_{h\ 2\ f} \times H_b$$

【0090】ここで、 $K_{h\ 2\ f}$ は、都市ガスの主成分であるメタンの燃焼熱、ガス給湯器504の熱交換率などから成る変換係数である。

【0091】なお、給湯に必要な熱量 $H_b$  [kcal/s]は、図示せざる温度センサからの検出結果や、蓄積された過去のデータなどに基づいて取得する。

$$V_b \text{ [m}^3\text{]} = Km\ 2\ v \times \sum (F_{bi} \times DT) \quad (15)$$

【0094】ここで、 $Km\ 2\ v$ は、前述したとおり、モル数を標準状態(20℃, 1気圧)の容積に変換するための係数である。

となるガス量である。そこで、次に、制御部600は、この算出した過去1分間の使用ガス量 $V_k$  [m<sup>3</sup>]から、都市ガスを用いて燃料電池200による自家発電を行うことにより、過去1分間の使用電力量 $X_k$  [kWh]を賄う場合のコスト:  $C_g$  [円]を、式(12)に従って算出する。

【0077】

$$(12)$$

【0081】ステップS108では、制御部600は、ステップS102で求めた電力会社からの購入によって賄うと仮定した場合のコスト(過去1分間のコスト:  $C_e$  [円])と、ステップS104で求めた燃料電池200による自家発電によって賄うと仮定した場合のコスト(過去1分間のコスト:  $C_g$  [円])と、を比較して、後者(自家発電)のコスト $C_g$  [円]の方が、前者(電力会社からの購入)のコスト $C_e$  [円]よりも安い場合には、式(13)に従って、燃料電池側のリースイッチAに対応するリレーフラグRLYAをONにし、外線側のリースイッチBに対応するリレーフラグRLYbをOFFにする(ステップS110)。

【0082】

$LY_a$ をOFFにし、外線側のリースイッチBに対応するリレーフラグRLYbをONにする(ステップS112)。

【0084】

を行っておらず、燃料電池200の廃熱を利用できない場合(コジェネレーションがない場合)、即ち、上記した、家庭内電気負荷400での消費電力を電力会社からの購入によって賄う場合に相当する。制御部600は、具体的には、以下の処理を行う。

【0088】制御部600は、まず、給湯に必要な熱量:  $H_b$  [kcal/s]を取得し、この熱量 $H_b$  [kcal/s]を都市ガスの利用のみによって賄う場合の、給湯に必要な都市ガスの流量:  $F_b$  [mol/s]を、式(15)に従って算出する。

【0089】

$$(15)$$

【0092】こうして、制御部600は、サンプル時間:  $DT$  (= 1sec)毎に、給湯に必要な都市ガスの流量:  $F_{bi}$  [mol/s]を算出し、式(16)に従って、サンプル60点を積分することで、過去1分間の使用ガス量(給湯のみ):  $V_b$  [m<sup>3</sup>]を算出する。

【0093】

$$(16)$$

【0095】次に、制御部600は、この算出した過去1分間の使用ガス量(給湯のみ)  $V_b$  [m<sup>3</sup>]から、都市ガスのみを利用して、過去1分間、給湯を行う場合の

コスト： $C_{gb}$  [円] を、式(17)に従って算出す。

$$C_{gb} [\text{円}] = K_{g1} + K_{g2} \times V_{gb}$$

【0097】ここで、 $K_{g1}$ は、前述したとおり、過去1分間のガスの基本料金に相当する定数であり、 $K_{g2}$ は、ガスの従量料金単価に相当する係数である。

【0098】こうして、都市ガスのみを利用することによって給湯を行うと仮定した場合のコストを求めることができる。

【0099】次に、制御部600は、燃料電池200からの廃熱を少なくとも利用することによって給湯を行うと仮定した場合(コジェネレーションがある場合)のコストを求める(ステップS116)。このように、燃料電池200からの廃熱を利用して給湯を行う場合とは、家庭内電気負荷400での消費電力を、燃料電池200による自家発電によって賄う場合に相当し、燃料電池2

$$H_{rec} [\text{kcal}/\text{s}] = MAP(I_{fc})$$

【0102】ここで、 $H_{rec}$ は、冷却水に燃料電池200によって捨てられた廃熱を、熱交換器502で回収した際の回収熱量である。この回収熱量 $H_{rec}$ は、燃料電池200の出力電流 $I_{fc}$  [A]と、例えば、図4に示すような相関がある。

【0103】次に、制御部600は、給湯に必要な熱量： $H_b$  [kcal/s]を取得し、この熱量 $H_b$  [kcal/s]を都市ガスの利用と燃料電池200からの廃熱の利用とによって賄う場合の、給湯に必要な都市ガスの流量： $F_{bc}$  [mol/s]を、式(19)に従つて算出する。

$$F_{bc} [\text{mol}/\text{s}] = K_{h2f} \times (H_b - H_{rec})$$

【0107】ここで、 $K_{h2f}$ は、前述したとおり、都市ガスの主成分であるメタンの燃焼熱、ガス給湯器504の熱交換率などから成る変換係数である。

【0108】こうして、制御部600は、サンプル時間：DT (= 1 sec) 每に、給湯に必要な都市ガスの

$$V_{bc} [\text{m}^3] = K_{m2v} \times \Sigma (F_{bc} \times DT)$$

【0110】ここで、 $K_{m2v}$ は、前述したとおり、モル数を標準状態(20°C, 1気圧)の容積に変換するための係数である。

【0111】次に、制御部600は、この算出した過去1分間の使用ガス量(給湯のみ) $V_{bc}$  [m³]から、

$$C_{gbc} [\text{円}] = K_{g1} + K_{g2} \times V_{bc}$$

【0113】ここで、 $K_{g1}$ は、前述したとおり、過去1分間のガスの基本料金に相当する定数であり、 $K_{g2}$ は、ガスの従量料金単価に相当する係数である。

【0114】こうして、燃料電池200からの廃熱を少なくとも利用することによって給湯を行うと仮定した場合のコストを求めることができる。

【0115】以上の通り、家庭内で給湯がされている場合、次の2つの利用形態が考えられる。即ち、1つ目は、家庭内電気負荷400での電力消費を、電力会社か

### 【0096】

$$(17)$$

00からの廃熱のみを利用して給湯を行う(具体的には、熱交換器502のみによって給湯を行う)場合と、燃料電池200からの廃熱を利用する他、都市ガスも利用して給湯を行う(即ち、熱交換器502とガス給湯器504の両方によって給湯を行う)場合と、に分けられる。制御部600は、具体的には、以下の処理を行う。

【0100】即ち、まず、制御部600は、式(18)に示すように、前述のステップS104において算出した燃料電池200の出力電流 $I_{fc}$  [A]に基づいて、予めROM(図示せず)に格納されているマップから、回収熱量： $H_{rec}$  [kcal/s]を求める。

### 【0101】

$$(18)$$

【0104】但し、 $H_b \leq H_{rec}$ の場合、給湯に必要な熱量 $H_b$ は燃料電池200の廃熱から回収した熱量 $H_{rec}$ によって全て賄うことができるので、給湯のために、都市ガスを利用する必要がない。そのため、給湯に必要な都市ガスの流量 $F_{bc}$ は、0となる。

【0105】反対に、 $H_b > H_{rec}$ の場合、給湯に必要な熱量 $H_b$ は燃料電池200の廃熱から回収した熱量 $H_{rec}$ だけでは不足するので、都市ガスを用いて熱量を補う必要がある。そのため、給湯に必要な都市ガスの流量 $F_{bc}$ は、式(19)に従う。

### 【0106】

$$(19)$$

30 流量： $F_{bc,i}$  [mol/s]を算出し、式(20)に従つて、サンプル60点を積分することで、過去1分間の使用ガス量(給湯のみ)： $V_{bc}$  [m³]を算出する。

### 【0109】

$$(20)$$

都市ガスと燃料電池200からの廃熱を利用して、過去1分間、給湯を行う場合のコスト： $C_{gbc}$  [円]を、式(21)に従つて算出する。

### 【0112】

$$(21)$$

40 らの購入によって賄い、給湯対象500への給湯を都市ガスのみを利用することによって行う形態、即ち、コジェネレーションがない場合の形態である。また、2つ目は、家庭内電気負荷400での電力消費を、燃料電池200による自家発電によって賄い、給湯対象500への給湯を燃料電池200からの廃熱を少なくとも利用することによって行う形態、即ち、コジェネレーションがある場合の形態である。

【0116】前者の利用形態の場合に掛かるコストは、

ステップS102で求めた電力会社からの購入によって賄うと仮定した場合のコスト（過去1分間のコスト： $C_e$  [円]）と、ステップS114で求めた都市ガスのみを利用して給湯を行うと仮定した場合のコスト（過去1分間分のコスト： $C_{gb}$  [円]）と、の和 $C_e + C_{gb}$  [円]である。一方、後者の利用形態の場合に掛かるコストは、ステップS104で求めた燃料電池200による自家発電によって賄うと仮定した場合のコスト（過去1分間のコスト： $C_g$  [円]）と、ステップS116で求めた燃料電池200からの廃熱を少なくとも利用して給湯を行うと仮定した場合のコスト（過去1分間分のコスト： $C_{gbc}$  [円]）と、の和 $C_g + C_{gbc}$  [円]である。

【0117】そこで、制御部600は、前者の利用形態の場合に掛かるコスト（過去1分間のコスト： $C_e + C_{gb}$  [円]）と、後者の利用形態の場合に掛かるコスト（過去1分間のコスト： $C_g + C_{gbc}$  [円]）と、を比較して、後者の利用形態（自家発電など）の場合に掛かるコスト $C_g + C_{gbc}$  [円]の方が、前者の利用形態（電力会社からの購入など）の場合に掛かるコスト $C_e + C_{gb}$  [円]よりも安い場合には、式(22)に従って、燃料電池側のリースイッチAに対応するリレーフラグRLYAをONにし、外線側のリースイッチBに対応するリレーフラグRLYbをOFFにする（ステップS120）。

【0118】IF  $C_e + C_{gb} \geq C_g + C_{gbc}$  THEN  
RLYA=ON, RLYb=OFF (22)

【0119】反対に、前者の利用形態（電力会社からの購入など）の場合に掛かるコスト $C_e + C_{gb}$  [円]の方が、後者の利用形態（自家発電など）の場合に掛かるコスト $C_g + C_{gbc}$  [円]よりも安い場合には、式(23)に従って、燃料電池側のリースイッチAに対応するリレーフラグRLYAをOFFにし、外線側のリースイッチBに対応するリレーフラグRLYbをONにする（ステップS122）。

【0120】IF  $C_e + C_{gb} < C_g + C_{gbc}$  THEN  
RLYA=OFF, RLYb=ON (23)

【0121】但し、この時点では、制御部600は、リースイッチA, Bの切り換えを行わない。

【0122】以上が、家庭内で給湯がされている場合の処理である。なお、この処理が終了したら、図2の丸Aに続く図3の丸A以降の処理に進む。

【0123】ところで、一般に、燃料電池システムにおいては、改質器の応答が燃料電池のそれよりも約10倍遅いと言う特徴がある。このため、例えば、運転中の燃料電池システムを急停止させる場合、インバータによる燃料電池からの電流の引き抜きを急停止することは可能であるが、改質器においては、都市ガスの供給を急停止しても、改質反応はしばらく（数秒）持続するため、その間に生成された燃料ガス（水素を含む）を大気中に廃

棄せざるを得ず、エネルギー効率が低下してしまうという問題があった。逆に、停止している燃料電池システムを起動する場合、燃料電池において急激に発電しようとしても、改質器での燃料ガスの生成が間に合わず、この状態で、インバータにより燃料電池から電流を引こうとすると、燃料電池において分極反応が顕著に現れ、燃料電池の出力電圧が急激に低下するという問題があった。

【0124】前者の問題は、図1に示す燃料電池システムにおいては、リースイッチAをONからOFFに切り換えた際に、後者の問題は、リースイッチAをOFFからONに切り換えた際に、それぞれ、生じる恐れがある。そこで、本実施例においては、以下に述べるとおり、燃料電池200に供給される水素量から、DC-A-Cインバータ302の目標電流値を算出し、リースイッチAのON/OFFを切り換える際に、その目標電流値を用いてDC-A-Cインバータ302の協調制御を行うようしている。以下、制御部600の具体的な処理について説明する。

【0125】即ち、図3に示す制御ルーチンでは、まず、制御部600は、燃料電池200に供給される水素量から、DC-A-Cインバータ302の目標電流値を求める（ステップS124）。具体的には、以下の通りとなる。

【0126】制御部600は、まず、流量センサ60の検出結果から、都市ガス流量の計測値： $F_k$  [mol/s] を取得し、その値から、改質器モデルを用いて、燃料電池200に供給される水素量の推定値： $F_{hest}$  [mol/s] を算出する。例えば、改質器100を「1次遅れ+むだ時間」系で表すとすると、上記推定値 $F_{hest}$  [mol/s] は、式(24)の如くになる。

【0127】 $F_{hest} [\text{mol}/\text{s}] = \exp(\tau_k \times S) / (T_k \times S + 1) \times F_k$  (24)

【0128】ここで、 $\tau_k$ ,  $T_k$  は改質器100のむだ時間、時定数であり、Sはラプラス演算子である。

【0129】なお、式(24)は、いわゆる開ループ推定であるが、精度をさらに上げるために、カルマンフィルタ等を用いて、閉ループ推定としても良い。

【0130】次に、制御部600は、算出した水素量の推定値 $F_{hest}$  [mol/s] に対して、この水素量が燃料電池200に供給され、燃料電池200において、その水素量が過不足なく消費されて、適切に発電が行われた場合の、燃料電池200の出力電流 $I_{fc}$

【A】を、式(8)を逆算することによって求め、その値をDC-A-Cインバータ302の目標電流値： $I_{inv}$  [A] とする。即ち、DC-A-Cインバータ302によって、燃料電池200から目標電流値 $I_{inv}$  [A] 分、電流を引くことにより、燃料電池200では、供給された上記水素量 $F_{hest}$  [mol/s] が過不足なく消費されて発電されることになる。

【0131】DC-ACインバータ302の目標電流値  
I<sub>inv</sub>[A]は、具体的には、式(25)の如くにな  
る。

$$I_{inv}[A] = F_{hest} \times (2 \times F) / K_{fch}$$

【0133】次に、制御部600は、リレースイッチA、BのON/OFF状態と、リレーフラッグRLY<sub>a</sub>、RLY<sub>b</sub>のON/OFF状態を、それぞれ確認する(ステップS126)。そして、確認の結果、リレースイッチAがONであり、かつ、リレーフラッグRLY<sub>a</sub>がOFFであるならば(ステップS128)、リレースイッチAのONからOFFへの切換処理を許可して(ステップS130)、図3に示す制御ルーチンを抜ける。また、リレースイッチAがOFFであり、かつ、リレーフラッグRLY<sub>a</sub>がONであるならば(ステップS132)、リレースイッチAのOFFからONへの切換処理を許可して(ステップS132)、図3に示す制御ルーチンを抜ける。さらに、上記以外の場合には、そのまま図3に示す制御ルーチンを抜ける。以上で、図3に示す制御ルーチンの説明を終了する。

【0134】次に、図5はリレースイッチAのONからOFFへの切換処理の処理手順を示すフローチャートである。

【0135】リレースイッチAのONからOFFへの切換処理が許可された場合、制御部600は、一定時間毎に繰り返される図2および図3に示す制御ルーチンと並行して、図5に示す切換処理を開始する。まず、制御部600は、流量制御弁58を制御して、改質器100への都市ガスの供給を停止する(ステップS202)。次に、制御部600は、図3のステップS124の処理が繰り返される毎に、算出される目標電流値I<sub>inv</sub>

[A]に基づいて、DC-ACインバータ302の協調制御を行う(ステップS204)。即ち、制御部600は、燃料電池200から目標電流値I<sub>inv</sub>[A]に相当する電流を出力電流として引き出すように、DC-ACインバータ302を制御する。そして、都市ガスの供給停止から所定時間経過後、制御部600は、DC-ACインバータ302の協調制御を終了し、リレースイッチAをONからOFFへ切り換えると同時に、リレースイッチBをOFFからONへ切り換える(ステップS206)。こうして、リレースイッチAのONからOFFへの切換処理を終了する。

【0136】この場合のタイミングチャートを図6に示す。図6において、(a)は改質器100に対する都市ガスの供給/停止状態を示し、(b)はリレースイッチAのON/OFF状態を示し、(c)はDC-ACインバータ302の目標電流値I<sub>inv</sub>を示す。なお、横軸は時間である。

【0137】図6に示すように、改質器100への都市ガスの供給を停止した後、目標電流値I<sub>inv</sub>に従ってDC-ACインバータ302の協調制御を行い、目標電流値I<sub>inv</sub>が少なくなった所定時間経過後に、リレー

【0132】  
スイッチAをONからOFFに切り換える。

【0138】このように、リレースイッチAのONからOFFへの切り換え時に、DC-ACインバータ302の協調制御を行うことにより、改質器100への都市ガスの供給を停止した後、改質器100において、しばらく改質反応が持続し、燃料ガスが生成されても、その燃料ガスを燃料電池200において過不足なく消費して、徐々に発電動作を終了することになるので、燃料ガスを大気中に廃棄することなく、エネルギー効率を向上させることができる。

【0139】次に、図7はリレースイッチAのOFFからONへの切換処理の処理手順を示すフローチャートである。

【0140】反対に、リレースイッチAのOFFからONへの切換処理が許可された場合には、制御部600は、一定時間毎に繰り返される図2および図3に示す制御ルーチンと並行して、図7に示す切換処理を開始する。まず、制御部600は、流量制御弁58を制御して、改質器100への都市ガスの供給を開始する(ステップS302)。次に、制御部600は、図3のステップS124の処理が繰り返される毎に、算出される目標電流値I<sub>inv</sub>[A]に基づいて、上述したと同様のDC-ACインバータ302の協調制御を行う(ステップS304)。そして、都市ガスの供給開始から所定時間経過したら、制御部600は、DC-ACインバータ302の協調制御を終了し、リレースイッチAをOFFからONへ切り換えると同時に、リレースイッチBをONからOFFへ切り換える(ステップS306)。こうして、リレースイッチAのOFFからONへの切換処理を終了する。

【0141】この場合のタイミングチャートを図8に示す。図8において、(a)は改質器100に対する都市ガスの供給/停止状態を示し、(b)はリレースイッチAのON/OFF状態を示し、(c)はDC-ACインバータ302の目標電流値I<sub>inv</sub>を示す。なお、横軸は時間である。

【0142】図8に示すように、改質器100への都市ガスの開始を停止した後、目標電流値I<sub>inv</sub>に従ってDC-ACインバータ302の協調制御を行い、目標電流値I<sub>inv</sub>が上昇してきた所定時間経過後に、リレースイッチAをOFFからONに切り換える。

【0143】このように、リレースイッチAのOFFからONへの切り換え時に、DC-ACインバータ302の協調制御を行うことにより、改質器100への都市ガスの供給開始後、改質器100で生成された分だけ、燃料ガスを燃料電池200において過不足なく消費して、発電動作を行うので、分極反応を生じさせることなく、

徐々に定常状態に近づけることができる。

【0144】以上説明したように、本実施例によれば、時々刻々、トータルコストがより安くなるように、燃料電池200からの電力か、電力会社からの電力かを切り換えて、電力の供給源を選択できるため、トータルのランニングコストを最適に抑えることが可能となる。また、このような電力の切り替えは、自動的に行なわれるため、ユーザは切り替えを気にすることなく、電力を使用することができ、省労力を実現することができる。またさらに、燃料電池200からの廃熱を給湯に利用するなど、コジェネレーションも積極的に考慮しているので、システム全体のエネルギー効率を向上させることができる。

【0145】なお、本発明は上記した実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様にて実施することが可能である。

#### 【0146】D. 変形例：

D-1. 変形例1：上記した実施例においては、制御部600は、リースイッチA、Bを切り換える際には、一方のリースイッチをONしたときには、他方のリースイッチはOFFするように切り替えていた。しかしながら、リースイッチAがONで、燃料電池200による自家発電によって得られた電力を家庭内電気負荷400に供給している場合に、電気負荷の急増が起こり、かつ、改質器100における燃料ガスの生成が追いつかない場合（過渡最悪ケース）、過渡的に、電力会社から外線を介して電力の供給を受けて、不足分を補い必要がある。そこで、そのような制御を付加した変形例について、説明する。

【0147】この変形例では、制御部600は、リースイッチAがONである時、必要に応じて、リースイッチBをONする。

【0148】図9はこの変形例における制御部600の制御手順の主要部を示すフローチャートである。図9に示す処理は、図2および図3の制御ルーチンの最後尾に追加される。

【0149】図9に示すように、制御部600は、図3のステップS126で確認した結果、リースイッチAがONである場合（ステップS136）に、図2のステップS104中で算出した、家庭内電気負荷400での消費電力を賄うために燃料電池200から出力すべき電

$$I_{inv} [A] = F_{hmes} \times (2 \times F) / K_{fch}$$

【0155】このような方法を用いることにより、より精度よく、DC-ACインバータ302の目標電流値  $I_{inv} [A]$  を求めることができる。

【0156】D-3. その他の変形例：上記した実施例では、熱負荷として、給湯対象を例として挙げたが、風呂などの場合、給湯を熱交換器502、ガス給湯器504で行う他、追い炊きをガス釜で行う場合も考えられる。このような場合にも、本発明は当然に適用可能であ

流  $I_{fc} [A]$  、即ち、要求値と、図3のステップS124中で算出した、供給された水素量が過不足なく消費されて適切に発電が行われた場合の燃料電池200の出力電流（DC-ACインバータ302の目標電流値）  $I_{inv} [A]$  、即ち、実現可能値と、の差を求め、その差 ( $I_{fc} - I_{inv}$ ) がしきい値  $K_{th}$  より大きいか否かを判定する（ステップS138）。ここで、  $K_{th}$  は、リースイッチAがONの時に、リースイッチBのONを許可するためのしきい値である。

【0150】そして、判定の結果、差 ( $I_{fc} - I_{inv}$ ) がしきい値  $K_{th}$  より大きい場合、即ち、燃料電池200の出力電流の要求値  $I_{fc}$  が、実現可能値  $I_{inv}$  に比べて大き過ぎる場合、電気負荷が急増して、それに対して改質器100での燃料ガスの生成が追いついていない（つまり、過渡最悪ケース）と判断して、制御部600は、リースイッチBをONにする（ステップS140）。

【0151】それ以外の場合には、制御部600は、何もしないで、図2および図3の制御ルーチンをそのまま抜ける。

【0152】このような制御を行うことによって、電気負荷の急増が起り、かつ、改質器100における燃料ガスの生成が追いつかない場合（過渡最悪ケース）でも、電力会社から電力の供給を受けて、不足分を補うことができる。また、図5のステップS204で行う協調制御時に、過渡的に、燃料電池200による発電能力が足りなくなった場合でも、安定運転を確保することができる。

【0153】D-2. 変形例2：上記した実施例においては、図3のステップS124において、DC-ACインバータ302の目標電流値  $I_{inv} [A]$  を求める際、流量センサ60の検出結果である、都市ガス流量の計測値  $F_{k}$  から、燃料電池200に供給される水素量を推定したが、改質器100から燃料電池200に至るガス流路中（好ましくは、燃料電池200の燃料ガスに、所望のセンサを設けて、燃料電池200に供給される水素量を直接計測するようにしても良い。その場合、制御部600は、その計測値： $F_{hmes} [mol/s]$  から、式（26）に従って、DC-ACインバータ302の目標電流値  $I_{inv} [A]$  を求めるようとする。

#### 【0154】

$$I_{inv} [A] = F_{hmes} \times (2 \times F) / K_{fch} \quad (26)$$

る。

【0157】また、燃料電池装置700に供給する燃料としては、商用ガスである都市ガスやプロパンガスの他、エタノール、メタノールなどのアルコールや、ガソリン、灯油などの石油系燃料や、アルデヒド、エーテルなども含まれる。

【0158】また、本発明の燃料電池システムは、家庭用のみならず、オフィスやコンビニエンスストアなど事

業用としても、利用可能であることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例としての燃料電池システムの構成を示すブロック図である。

【図2】図1の燃料電池システムにおける制御部600の制御手順の前半部分を示すフローチャートである。

【図3】図1の燃料電池システムにおける制御部600の制御手順の後半部分を示すフローチャートである。

【図4】図1における燃料電池200の出力電流 $I_{fc}$ と熱交換器502での回収熱量 $H_{rec}$ との相関関係を示すグラフである。

【図5】図1におけるリースイッチAのONからOFFへの切換処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図6】図1におけるリースイッチAのONからOFFへ切り換える際の改質器100に対する都市ガスの供給／停止状態、リースイッチAのON／OFF状態、およびDC-ACインバータ302の目標電流値 $I_{in}$ を示すタイミングチャートである。

【図7】図1におけるリースイッチAのOFFからONへの切換処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図8】図1におけるリースイッチAのOFFからONへ切り換える際の改質器100に対する都市ガスの供給／停止状態、リースイッチAのON／OFF状態、およびDC-ACインバータ302の目標電流値 $I_{in}$ を示すタイミングチャートである。

【図9】変形例における制御部600の制御手順の主要部を示すフローチャートである。

【符号の説明】

52…ガス流路

54…水流路

56…燃焼燃料流路

58…流量制御弁

60…流量センサ

62…流量制御弁

64…流量センサ

66…流量制御弁

100…改質器

102…蒸発部

104…燃焼部

106…熱交換器

108…改質部

110…CO酸化部

112…プロワ

114…プロア

116…プロア

200…燃料電池

202…水素極

204…酸素極

206…プロア

208…冷却水路

300…インバータBOX

302…DC-ACインバータ

400…家庭内電気負荷

402…電力センサ

500…給湯対象

502…熱交換器

504…ガス給湯器

506…ガス流路

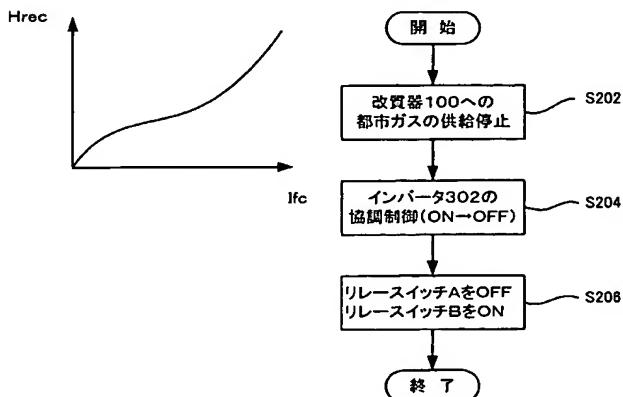
600…制御部

700…燃料電池装置

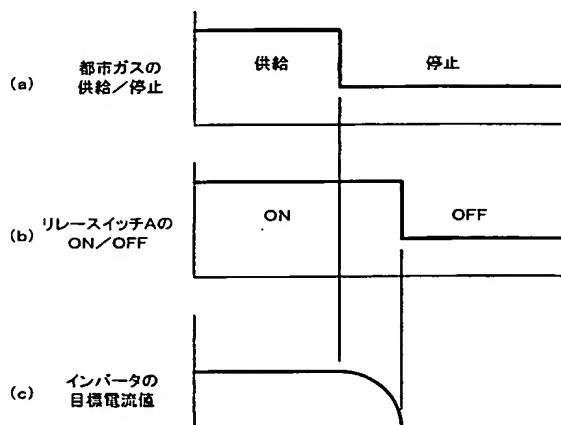
A…リースイッチ

B…リースイッチ

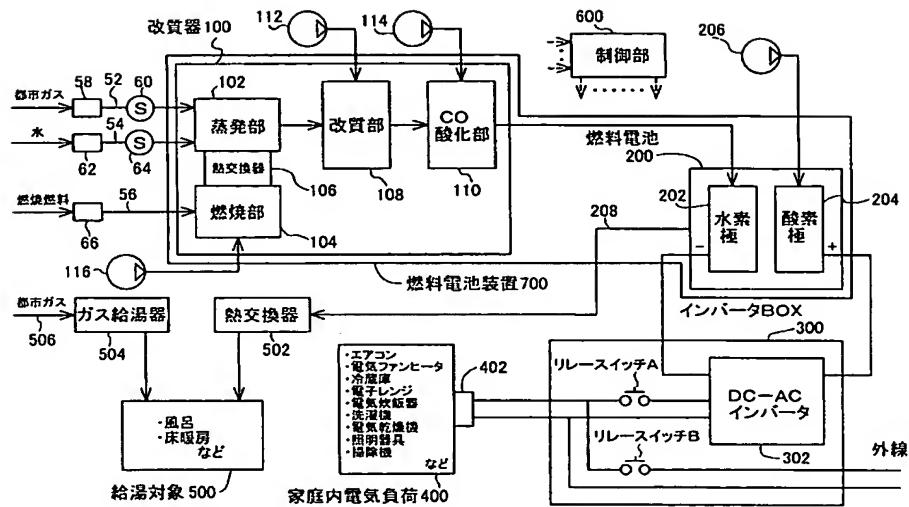
【図4】



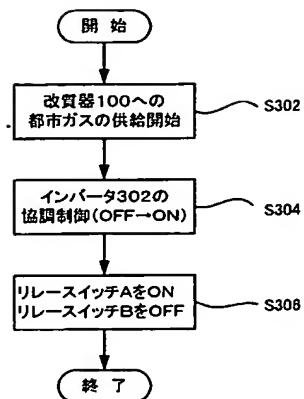
【図6】



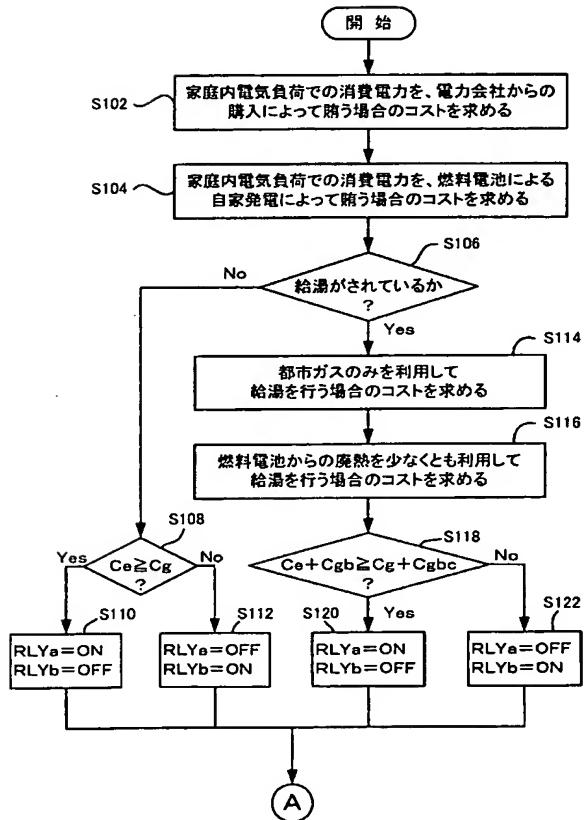
【図1】



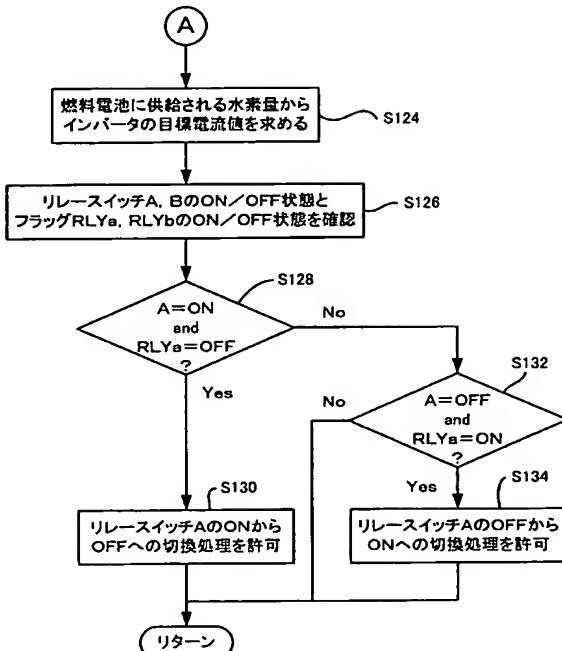
【図7】



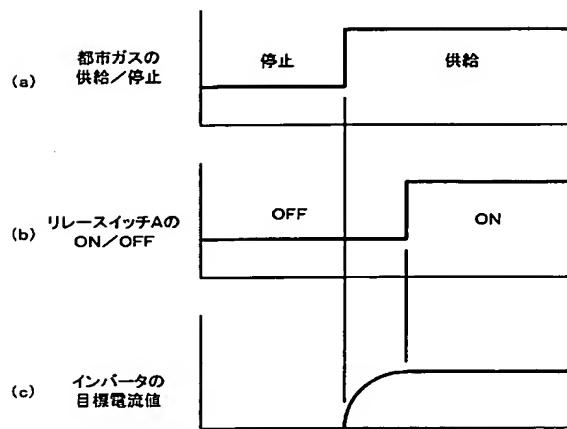
【図2】



【図3】



【図8】



【図9】

